

Universidad Nacional de la Plata

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

TRABAJO FINAL DE CARRERA



Impacto de enfermedades foliares del trigo en la fertilidad de la espiga

Alumnos: Balbona, Manuel Ivan

Legajo: 28042/9

E-mail: manubalbona@hotmail.com

Reus, Hernan

Legajo: 28039/6

E-mail: hernanreus@gmail.com

Directora: Dra. María Rosa Simón, Profesora Titular Ordinaria de Cerealicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP.

Co-Directora: Dra. Silvina Inés Golik, Profesora Adjunta de Cerealicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP.

Resumen

El objetivo del trabajo fue analizar el impacto de las enfermedades foliares de trigo sobre el coeficiente de fertilidad de la espiga (CFE) en una amplia colección de genotipos de trigo y evaluar su posible asociación negativa con el peso de mil granos (PMG). Se realizó un ensayo en la Estación Experimental Julio Hirschhorn con diseño de parcela dividida, siendo la parcela principal los tratamientos con y sin fungicida y la subparcela 102 genotipos de trigo primaverales del banco de germoplasma German Federal *ex situ* Genebank con dos repeticiones. Se evaluó la severidad de las plantas de trigo en tres estadios (encañazón, floración, grano pastoso), el área bajo la curva de progreso de la enfermedad, el CFE (relación entre el número de granos.espiga⁻¹ cosecha/peso seco espiga en antesis) y el PMG. Se encontraron diferencias significativas en la severidad entre los tratamientos de los diferentes fungicida, excepto en encañazón, entre los genotipos y en la interacción tratamiento de fungicida y los genotipo en todos los estadios. No hubo diferencias significativas para CFE entre tratamientos de fungicidas, pero si entre genotipos y para la interacción tratamiento de fungicida × genotipo. Además, se observó que algunos genotipos disminuyeron el CFE por efecto de la enfermedad y otros lo mantuvieron o hubo ligeros incrementos, siendo las medias para los genotipos sin tratamiento de fungicida de 56,87 y para los tratados con fungicida de 53,95. El PMG medio fue de 31,74 g para los no tratados con fungicida y de 38,95 g para los tratados. En cuanto al análisis de regresión entre el CFE y el PMG, mostró una relación ligeramente negativa y no significativo., indicando que hay genotipos que mantienen el PMG aún con altos CFE lo que resulta promisorio para planes de mejoramiento.

1. Introducción:

El trigo es un cereal originario del oeste de Asia que se cultiva desde hace más de 6000 años. Actualmente constituye el cultivo más difundido en el mundo abarcando una superficie cosechada de 219 millones de ha por año (Divito & García, 2017).

En Argentina, la superficie sembrada descendió hasta 2012-2013, debido a retenciones y cupos de exportación, luego de esto hubo un incremento notorio. El récord de superficie sembrada se alcanzó en 1928, con un total de 9.000.000 millones de ha y una producción de 9,5 millones de toneladas. Durante la campaña 2019/20 se lograron implantar 6,6 millones de ha de trigo, un 6,5% por encima de la superficie de la campaña anterior, consolidando una tendencia de crecimiento que se inició en el ciclo 2016/17, y permitió que el cultivo se expanda a lo largo del territorio nacional. El volumen finalmente recolectado se ubicó en las 18,8 millones toneladas, marcando una disminución de 1,1 % en comparación a la campaña 2018/19. Este volumen surge de registrar un rendimiento a cosecha promedio de 29,2 qq/ha a nivel nacional, un 5,2 % menor al ciclo previo (Bolsa de Cereales, 2020) (Figura 1 y 2)

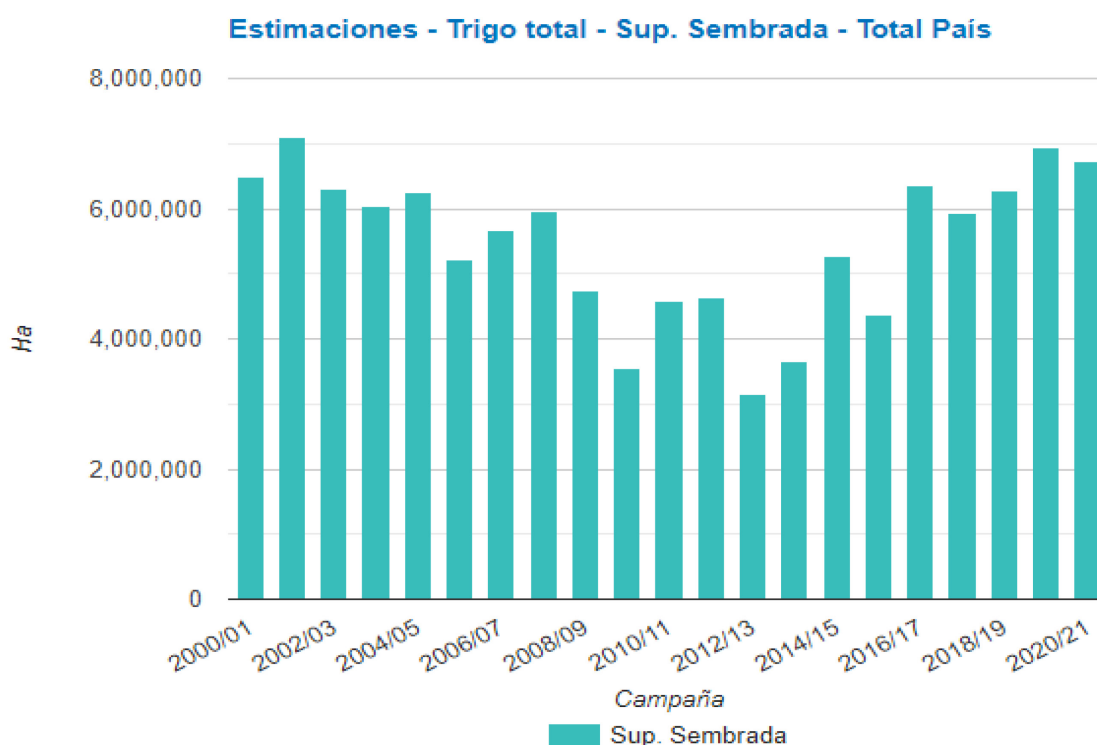


Figura 1. Superficie sembrada de trigo. (Fuente MAGyP.)

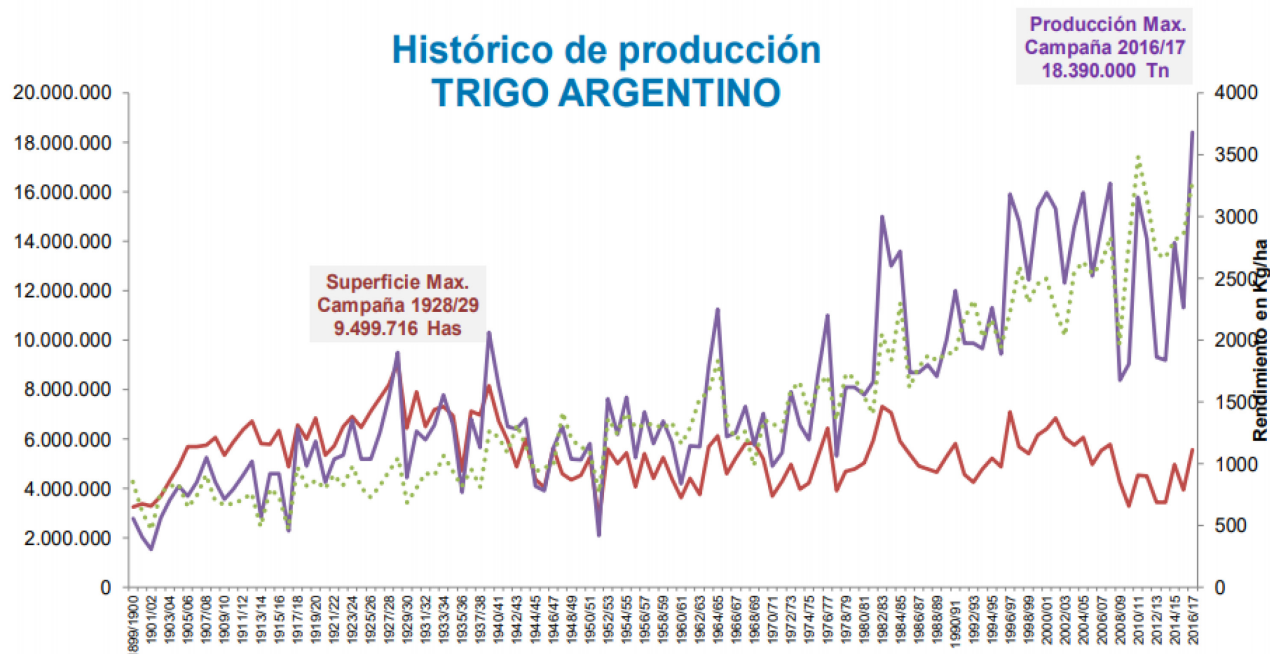


Figura 2. Producción y superficie histórica.

(Fuente <http://www.argentrigo.org.ar/2014/semanadetrigo/Argentina hacia 2020.pdf>)

El trigo pan (*Triticum aestivum* L.) es alimento básico de un 35% de la población mundial, representando aproximadamente el 20% del total de calorías consumidas. Desde la década del 60, su rendimiento se ha incrementado a través del tiempo en correlación con el incremento demográfico mundial (Reynolds & Borlaug, 2006). Sin embargo, la tasa de aumento de la productividad ha ido disminuyendo, existiendo proyecciones lineales que indican un crecimiento de sólo el 0,8 % para 2050 (Fischer et al., 2009). Esto sumado a que se prevé que la demanda mundial de trigo aumente a un ritmo más rápido que las ganancias genéticas anuales que se están obteniendo actualmente (Miralles & Slafer, 2007), pone de manifiesto la necesidad de aumentar la tasa de mejora del rendimiento. Hay pocas oportunidades de expandir la cantidad de tierra usada para la producción de trigo (Albajes et al., 2013), por lo que es necesario incrementar la productividad (Fischer et al., 2014; Reynolds et al., 2012). Grandes aumentos en el uso de agua y nutrientes no son deseables (Connor & Minguez, 2012), de manera que la mayor productividad debe provenir de ganancias genéticas, las cuales han disminuido en este siglo, en comparación con el anterior, y son actualmente insuficientes (Reynolds et al., 2012; Fischer et al., 2014).

Previamente, se han alcanzado ganancias en el rendimiento de trigo favoreciendo la partición de biomasa hacia las espigas juveniles en crecimiento principalmente mediante

reducciones en la altura de las plantas (Calderini et al., 1999). El incremento del peso seco de la espiga en antesis resultante de esto favoreció el número de granos por m^2 (Siddique et al., 1989; Slafer & Andrade, 1993). Como la altura de la planta no puede reducirse más sin sufrir pérdidas de biomasa (Richards, 1992; Miralles & Slafer, 1995) y la partición de materia seca hacia las espigas se está volviendo más difícil (Foulkes et al., 2011), es necesario identificar caracteres alternativos que determinen un incremento en el número de granos y rendimiento (Slafer et al., 2014).

Las enfermedades que se desarrollan previamente a la floración pueden restringir simultáneamente la fuente (área foliar sana y acumulación de hidratos de carbono solubles en el tallo) y la capacidad de absorción de los granos (número de granos); por otro lado, las enfermedades tardías, restringen la disponibilidad de asimilados para el llenado de los granos al reducir la superficie foliar sana y la fotosíntesis post floración (Newton, 2016). Los efectos negativos de las enfermedades tardías en el llenado de los granos pueden ser amortiguados por la removilización de reservas almacenadas temporalmente (Newton, 2016). Las enfermedades foliares de trigo pueden impactar en la partición de materia seca hacia la espiga, aunque podrían existir genotipos que mantienen un elevado coeficiente de fertilidad de la espiga ($CFE = \text{número de granos } m^{-2} / \text{peso seco de espigas } m^{-2}$) e índice de fertilidad ($\text{peso de granos } m^{-2} / \text{peso seco de espigas } m^{-2}$) en presencia de enfermedades foliares, que podrían minimizar la pérdida de rendimiento. Esta capacidad de minimizar la pérdida de rendimiento en presencia de enfermedades puede constituirse en un potencial atributo de tolerancia a ellas, que significa menores pérdidas de rendimiento frente a similares niveles de enfermedad, aunque no ha sido estudiada aún como tal. Las principales enfermedades foliares en trigo son la Mancha foliar o septoriosis (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous, la Mancha amarilla, bronceada o tostada (*Drechslera tritici-repentis* (Died.) Schoeml teleomorfo: *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechs), el Oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici* B. *graminis* (DC.) SPEER (Syn. *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* DC), la Roya amarilla o estriada (*Puccinia striiformis* Westend), la Roya de la hoja o anaranjada (*Puccinia triticina* Eriks) (Carrasco et al., 2005, Carretero, 2010)

El rendimiento en trigo puede ser considerado como el producto entre el número (n°) de granos por unidad de superficie y el peso del grano. El n° de granos por unidad de superficie es el componente principal del rendimiento, es crítico para alcanzar ganancias genéticas en rendimiento de trigo (García et al., 2014). El n° de granos. m^{-2} podría considerarse como el producto entre el peso seco del número de espigas. m^{-2} y el n° de granos/ unidad de peso seco de la espiga, que es indicador de la fertilidad de la espiga (CFE) (Martino et al., 2015). El mejoramiento de trigo en los últimos 50 años se basó

principalmente en incrementar el n° de granos.m⁻², incrementando el peso de la espiga a través de una mayor partición de materia seca hacia las espigas. Diversos autores (Abbate *et al.* 1998, Shearman *et al.* 2005, Acreche *et al.* 2008 y González *et al.* 2011) observaron que la variación del n° de granos m⁻² entre cultivares frecuentemente engloba variaciones en el CFE. Martino *et al.* (2015) indicaron que el n° de granos.m⁻² es cuantificado por unidad de superficie y por lo tanto acarrea una dificultad para obtener datos confiables en las primeras generaciones de programas de mejoramiento, que generalmente son llevados a cabo en pequeñas parcelas debido a que hay poca semilla disponible. Alonso *et al.* (2018) también remarcaron esa dificultad en la utilización del n° de granos.m⁻² como criterio de selección en las primeras generaciones, y agregaron además que es un carácter de baja heredabilidad y alta interacción genotipo x ambiente. Por su parte, el CFE es bastante independiente del tamaño de la muestra, como demuestra la investigación (Abbate *et al.* 2013) y, por lo tanto, podría determinarse en las primeras generaciones de un programa de mejoramiento (Martino *et al.*, 2015).

Como ya fuera mencionado, el n° de granos por unidad de superficie es el componente principal del rendimiento en trigo. Dicho componente depende del peso seco de la espiga por unidad de superficie en antesis y el coeficiente de fertilidad de la espiga (González *et al.*, 2011). El CFE ha sido propuesto como atributo para mejorar el número de granos y así el rendimiento potencial (Petrini *et al.*, 2016), pero aún no se tienen evidencias reales de su aplicación en forma exitosa (Alonso *et al.*, 2018). Al considerar la utilidad del CFE como estrategia en programas de mejoramiento, hay que tener en cuenta posibles relaciones negativas con otros componentes del rendimiento, incluyendo el peso seco de las espigas en antesis y el peso de los granos. Algunos resultados experimentales han indicado una correlación negativa entre el CFE y el peso seco de las espigas en antesis (Abbate *et al.*, 1998; Dreccer *et al.*, 2009; Ferrante *et al.*, 2012), mientras que otros no han mostrado esta correlación (González *et al.*, 2011; Bustos *et al.*, 2013; García *et al.*, 2014). Podrían presentarse reducciones compensatorias del peso de los granos cuando se incrementa el número de granos debido a incrementos en el CFE basados en una reducción del tamaño de las flores fértiles (Ferrante *et al.*, 2015), lo cual generaría granos más pequeños, ya que el peso final del grano puede estar relacionado al tamaño de los carpelos (Calderini *et al.*, 1999, 2001; Calderini & Reynolds, 2000; Hasan *et al.*, 2011). Alonso *et al.* (2018) analizaron los cambios en el rendimiento en grano luego de aplicar diferentes estrategias de selección en líneas endocriadas recombinantes y encontraron que cuando el criterio de selección aplicado fue solamente el alto rendimiento en grano, las respuestas fueron aleatorias y no mostraron asociación con la intensidad de selección. Por otro lado, cuando los genotipos fueron seleccionados solamente por alto CFE, la respuesta del rendimiento en grano fue

positivo en todos los casos y fue mejorado, en promedio, por una mayor intensidad de selección. Finalmente, estos autores encontraron que las mayores respuestas a la selección fueron alcanzadas cuando se aplicó una estrategia de selección en dos pasos, por alto rendimiento en grano y alto CFE. Además, no se observaron respuestas negativas a la selección usando este procedimiento.

Ferrante *et al.*, (2012) señalaron que aumentar el número de granos mediante el CFE generaría pocas ventajas para el rendimiento si el peso de los granos se ve muy reducido debido a una competencia entre éste y el coeficiente de fertilidad. La relación negativa entre el peso de los granos y el coeficiente de fertilidad de la espiga podría limitar los aumentos de rendimiento cuando el número de granos es incrementado a través del CFE (Petrini *et al.*, 2016).

Teniendo en cuentas estos antecedentes y que el impacto de las enfermedades foliares del trigo en el CFE no ha sido investigado, se formulan las siguientes hipótesis:

2. Hipótesis:

- Existe variabilidad para el CFE en una colección de trigos en tratamientos con y sin fungicida
- La presencia de enfermedades foliares afectan el CFE
- Existen genotipos en que el CFE no está negativamente relacionado con el peso de granos

3. Objetivos:

Contribuir al mejoramiento del rendimiento de trigo, a través del conocimiento del impacto de las enfermedades foliares en el CFE, identificando genotipos con menores disminuciones en el mismo frente a enfermedades foliares.

a) Objetivos específicos

Determinar la variabilidad para CFE en dicha población en tratamientos con y sin aplicación de fungicidas

Determinar el efecto de las enfermedades foliares del trigo sobre el CFE en una amplia colección de genotipos de trigo

Evaluar la relación entre el CFE y el peso de mil granos

4. Métodos y técnicas empleados:

4.1. Material vegetal

El material vegetal utilizado fueron 102 genotipos de trigo, nombrados numéricamente, de una colección internacional de genotipos primaverales que presentan diferencias para resistencia a enfermedades, obtenidos del banco de germoplasma del German Federal *ex situ* Genebank situado en Gatersleben, Germany y previamente mapeados.

4.2. Diseño del experimento

Para llevar a cabo el experimento, se utilizó un lote localizado en la Estación Experimental Julio Hirschhorn de Los Hornos, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de La Plata. El diseño experimental fue de parcela subdividida con dos repeticiones. La parcela principal correspondió a los tratamientos con fungicida (CF) y sin fungicida (SF) y las subparcelas a los genotipos.

Para la preparación de la cama de siembra, se utilizó una rastra de disco y rolo complementado con un barbecho químico con una aplicación en pre-siembra de 2 l/ha de glifosato y una en postemergencia temprana donde se aplicó Metsulfuron-metil 60% + Dicamba 48% - en una dosis de 5 gr + 100 cc /ha.

Se sembraron siete hileras de 3,2 m por parcela del ensayo con una densidad de 250 plantas.m⁻². Entre cada genotipo se sembró avena para disminuir la transferencia de inóculo (inoculación natural) entre genotipos resistentes y susceptibles. La aplicación de fungicida se realizó con la triple mezcla de fluxapyroxad 5%+ pyraclostrobin 8,1%+ Epoxiconazole 5% (Orquesta, BASF) en una dosis de 1 l/ha en los estadios EC 12; EC 31 y EC 60 (Zadoks, 1974).

Se realizaron evaluaciones de severidad de las enfermedades presentes más importantes en encañazón (EC 31), floración (EC 60) y grano pastoso (EC 80) en 7-10 hojas de cada parcela y con los datos de severidad se construyó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE).

Sobre 20 espigas se determinó el peso seco en antesis y a la cosecha. Se contabilizaron y pesaron los granos totales de cada espiga para determinar el CFE (número de granos cosecha/ peso seco de espigas en antesis), el índice de fertilidad de la espiga (peso de los granos/peso de espigas en antesis) y la relación entre el peso del grano y el CFE. Se

determinó también el peso seco de la espiga a la cosecha para determinar si el ranking de los cultivares establecido en floración se mantiene, en este último caso se determinó el CFE como la relación entre el número de granos y el peso seco de la espiga de los componentes que no son granos.

Las diferencias en las variables entre los genotipos y en los tratamientos con y sin fungicida se analizaron mediante análisis de varianza y las medias se compararon mediante LSD ($P=0,05$) para determinar la variabilidad en el CFE e índice de fertilidad de la espiga.

Resultados:

Durante el ciclo del cultivo se realizaron evaluaciones de severidad de las enfermedades desarrolladas en el mismo. Estas fueron realizadas en encañazón (EC31), floración (EC60) y grano pastoso (EC80) según la escala de Zadoks et al., (1974).

Tabla 1. Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANOVA) para severidad para EC31, EC60, EC82 y área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) para un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 102 cultivares de trigo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Severidad EC31	Severidad EC60	Severidad EC80	ABCPE	Peso de mil granos
Tratamiento de fungicida	1	488,7 ($p=0,075$)	26869 ($p=0,019$)	9292 ($p=0,001$)	120798527($p=0,007$)	5303,38 ($p=0,002$)
Error A	1	6,88	24,94	2,52	13777	0,041
Genotipo	101	166,3 ($p<0,001$)	387,4 ($p<0,001$)	218,5 ($p<0,001$)	1151439 ($p<0,001$)	293,183 ($p<0,001$)
Interacción Tratamiento fungicida× Genotipo	101	37,4 ($p<0,001$)	139,9 ($p<0,001$)	103,2 ($p<0,001$)	509964 ($p<0,001$)	32,102 ($p<0,001$)
Error B	202	10,47	13,72	9,64	38301	3,351

Como se puede observar en la Tabla 1, hubo diferencias significativas entre los tratamientos de fungicidas para la severidad en floración y grano pastoso, no así en encañazón, además hubo diferencias significativas entre los genotipos para la severidad en todos los estadios y en la interacción Tratamiento de fungicida × Genotipo en los tres estadios estudiados.

Respecto al ABCPE, el análisis de la varianza arrojó que hay diferencias significativas entre los tratamientos de fungicidas, entre los distintos genotipos y en la interacción genotipo × tratamiento de fungicida.

En EC31 los valores de severidad para el tratamiento SF (sin fungicida) variaron entre 0,18% (cv75) y 32,38% (cv15), con un promedio de severidad de todos los genotipos de 11,83%. Por su parte el tratamiento CF varió entre 0% (cv10 y cv59) y 28,07% (cv31), con un promedio de 9,65%. En términos generales, los tratamientos CF (con fungicida) presentaron una reducción del 18% en la severidad en EC31 con respecto al tratamiento SF. Para la interacción Tratamiento × Genotipo los cultivares que presentaron mayores diferencias entre tratamientos fueron los genotipos 10 (100%), 59 (100%), 13 (95%) y 77 (93%) (Tabla 2).

En EC60 los valores de severidad para el tratamiento SF variaron entre 12,63% (cv92) y 70,5% (cv31), con un promedio de severidad de todos los genotipos de 39,66%. Por su parte, el tratamiento CF presentó variaciones de entre 7,9% (cv50) y 57,82% (cv41), con un promedio de 23,43%. En términos generales, los tratamientos CF generaron una reducción del 41% en la severidad en EC60 con respecto al tratamiento SF. Los genotipos que presentaron mayores diferencias entre tratamientos fueron los cultivares 8 (76%), 63 (75%), 7 (75%) y 96 (72%) (Tabla 2).

En EC80 los valores de severidad para el tratamiento SF fluctuaron entre 73,5% (cv22) y 100% (cv3, 8, 50, 61, 62, 74, 97, 98 y 100), con un promedio de severidad de todos los genotipos de 91,39%. Por su parte, el tratamiento CF varió entre 45,43% (cv17) y 100% (cv97), con un promedio de 81,84%. En términos generales, los tratamientos CF presentaron una reducción del 10% en la severidad en EC80 con respecto al tratamiento SF. Respecto a los cultivares que presentaron mayores diferencias entre tratamientos podemos mencionar al cultivar 3 (49%), 17 (40%), 18 (38%) y 111 (37%) (Tabla 2).

Para el ABCPE, los tratamientos CF mostraron una disminución promedio del 35% en el progreso de enfermedad respecto al tratamiento SF, resultando para el tratamiento SF un valor promedio de 3075 y para CF de 1989. Los cultivares de mejor comportamiento sanitario para el tratamiento SF fueron el 22 (1594), 68 (1604), 76 (1746), 92 (1768) y 53

(1772), y para el tratamiento CF destacaron el 59 (1153), 92 (1267), 22 (1283), 76 (1294) y 68 (1315). En contraposición, los de mayor ABCPE para SF fueron los genotipos 97 (5338), 100 (4842), 60 (4751), 41 (4741) y 8 (4709) y los genotipos 41 (3516), 56 (3232), 36 (2954), 47 (2830) y 15 (2746) para el tratamiento protegido (CF) (Tabla 2). La interacción Tratamiento × Genotipo evidenció que los genotipos 5, 99, 67 y 59 presentaron las mayores disminuciones porcentuales ante la aplicación de fungicidas, en tanto que los genotipos 56, 90, 15 y 6 presentaron las menores.

Tabla 2. Medias y porcentaje de disminución entre tratamientos con y sin fungicidas para severidad en EC31, EC60, EC80 y ABCPE de los cultivares estudiados

CV	Severidad EC31 (%)			Severidad EC60 (%)			Severidad EC80 (%)			ABCPE		
	SF	CF	dism	SF	CF	dism	SF	CF	dism	SF	CF	dism
1	1,61	0,46	71%	49,5	27,39	45%	89,61	85,05	5%	3350	2250	33%
2	8,69	9,32	-7%	41	27,67	33%	89,61	87,67	2%	2944	2403	18%
3	19,24	10,99	43%	37,44	27,44	27%	100	50,98	49%	3318	1829	45%
4	4,14	5,64	-36%	37,05	17,2	54%	93,8	87,72	6%	4303	1993	54%
5	4,99	4,94	1%	34,65	14,5	58%	90,5	85,5	6%	4518	1766	61%
6	9,43	5,96	37%	37,9	40,96	-8%	96,83	92,17	5%	2569	2483	3%
7	3,56	2,86	20%	53,5	13,53	75%	89,61	86,28	4%	3351	1490	56%
8	8,90	5,01	44%	53,5	12,71	76%	100	97,43	3%	4709	1995	58%
9	0,78	0,78	0%	61,5	22,67	63%	86,83	89,61	-3%	4028	2142	47%
10	11,20	0,00	100%	51	32,57	36%	89,61	89,61	0%	3137	1750	44%
11	10,81	5,67	48%	41,55	26,37	37%	98,86	91,22	8%	3149	2336	26%
12	13,59	13,18	3%	43,27	28,82	33%	98	94,66	3%	3459	2529	27%
13	3,70	0,18	95%	37,5	25,76	31%	88	86	2%	2403	1817	24%
14	8,59	2,34	73%	20,06	15,68	22%	98,5	90,22	8%	2046	1636	20%
15	32,38	18,07	44%	23,71	31,65	-33%	89,11	90,5	-2%	2762	2746	1%
16	1,48	0,18	88%	33	25,17	24%	88,3	89,5	-1%	2519	2206	12%
17	28,07	17,93	36%	32,02	19,66	39%	75,98	45,43	40%	2659	1602	40%
18	19,74	22,24	-13%	34,5	31,05	10%	90	56	38%	3046	2163	29%
19	3,28	5,64	-72%	49,5	31,5	36%	89,61	87,5	2%	2963	1990	33%
20	18,73	5,67	70%	52,5	31	41%	89,61	87,94	2%	4099	2234	45%
21	6,51	10,54	-62%	52,98	44,09	17%	89,61	74,05	17%	2939	2575	12%
22	12,07	13,04	-8%	14,02	10,51	25%	73,5	66,5	10%	1594	1283	20%

23	24,94	5,01	80%	26,52	9,29	65%	93,83	82,44	12%	2496	1336	46%
24	14,53	26,40	-82%	20,75	17,35	16%	82,15	63,55	23%	2263	1853	18%
25	22,62	10,95	52%	42,95	15,01	65%	82,5	75,5	8%	3480	1454	58%
26	13,28	10,15	24%	32,75	19,15	42%	97	95,17	2%	2635	1856	30%
27	12,89	12,34	4%	35,68	16,24	54%	84,25	71,33	15%	2387	1609	33%
28	5,12	12,34	-141%	26,5	15,4	42%	95,5	73,72	23%	2219	1611	27%
29	16,19	9,18	43%	20,13	13,5	33%	96,5	75	22%	2161	1431	34%
30	19,14	16,64	13%	62,95	21,84	65%	89,61	88,22	2%	3978	2424	39%
31	30,78	28,07	9%	70,5	26,03	63%	84,15	78,78	6%	4661	2486	47%
32	20,78	13,07	37%	51,5	33,72	35%	89,5	64,1	28%	3804	2146	44%
33	22,10	14,46	35%	48,55	25,49	47%	99,15	88,65	11%	3582	2425	32%
34	19,74	8,90	55%	52,5	25	52%	89,61	89,61	0%	4238	2042	52%
35	14,70	14,68	0%	37,25	10,68	71%	87,78	85,78	2%	2690	1653	39%
36	28,76	24,88	13%	61,03	37,98	38%	89,61	88,67	1%	3962	2954	25%
37	26,92	23,03	14%	43,28	18,5	57%	84,89	83,75	1%	3447	2309	33%
38	5,39	5,12	5%	54,9	22,5	59%	95,15	84,67	11%	4261	1950	54%
39	7,24	6,96	4%	40,68	32,77	19%	95,56	83,5	13%	3015	2305	24%
40	7,62	7,48	2%	38,26	22,14	42%	89,61	84,67	6%	2458	1849	25%
41	18,21	12,65	31%	62,5	57,82	7%	94,8	85,5	10%	4741	3516	26%
42	8,73	13,46	-54%	37,95	30,17	21%	89,61	89,05	1%	2828	2646	6%
43	4,29	6,93	-62%	34,61	21	39%	89,61	88	2%	2624	2184	17%
44	7,65	8,07	-5%	41,5	22,73	45%	96	92,78	3%	2908	1829	37%
47	10,95	8,87	19%	46	40,14	13%	89,61	85,3	5%	3272	2830	14%
48	6,89	5,23	24%	52,5	25	52%	89,61	88,19	2%	3105	1733	44%
49	6,07	8,07	-33%	23	16,5	28%	91,5	68	26%	2363	1523	36%
50	19,70	14,56	26%	24,85	7,9	68%	100	95,22	5%	2368	1676	29%
51	5,67	4,28	25%	40,5	19,5	52%	89,5	82,69	8%	2611	1513	42%
52	15,99	10,15	37%	46,5	24,29	48%	90,5	79	13%	3223	1865	42%
53	3,03	17,76	-486%	19,73	9,29	53%	86,94	59	32%	1772	1348	24%
54	6,92	10,54	-52%	39,15	32	18%	85,5	81,47	5%	2915	2456	16%
55	9,57	11,54	-21%	31,52	15	52%	98	92,37	6%	2402	1734	28%
56	12,76	18,87	-48%	39,34	43,78	-11%	89,61	89,61	0%	2957	3232	-9%
58	15,92	7,03	56%	52	29,03	44%	89,61	86,42	4%	2955	1770	40%
59	6,20	0,00	100%	50	18,5	63%	89,61	88,22	2%	2779	1153	59%

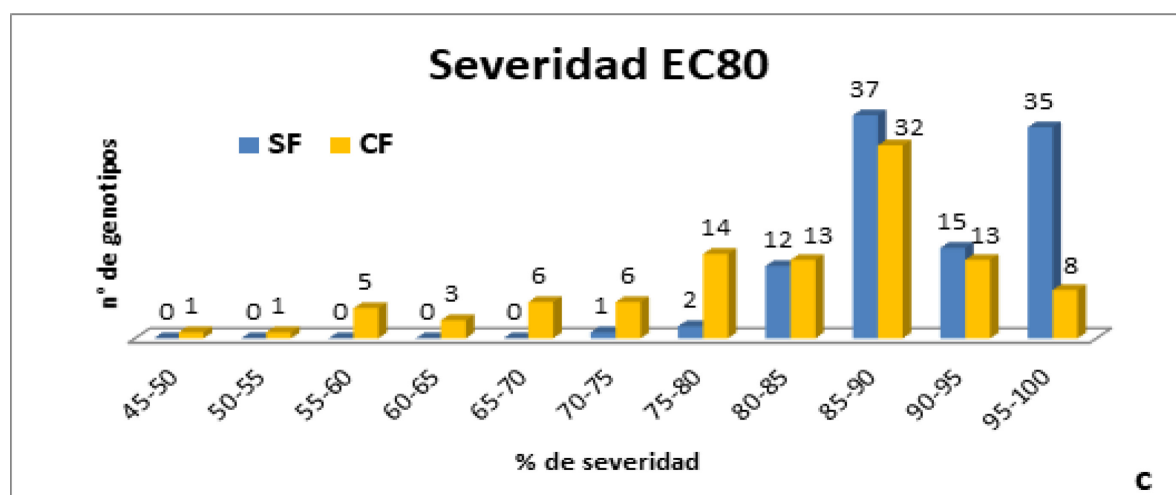
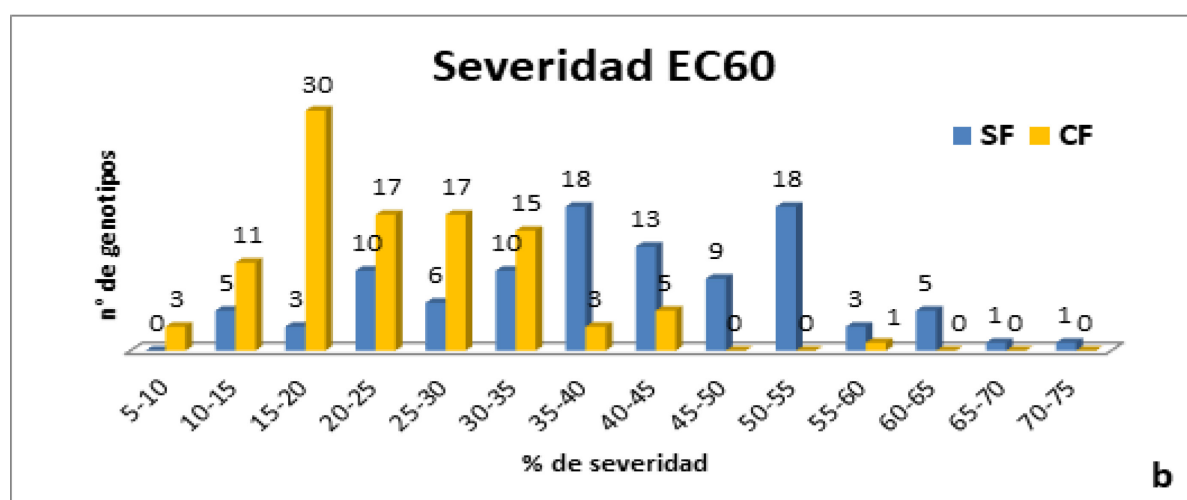
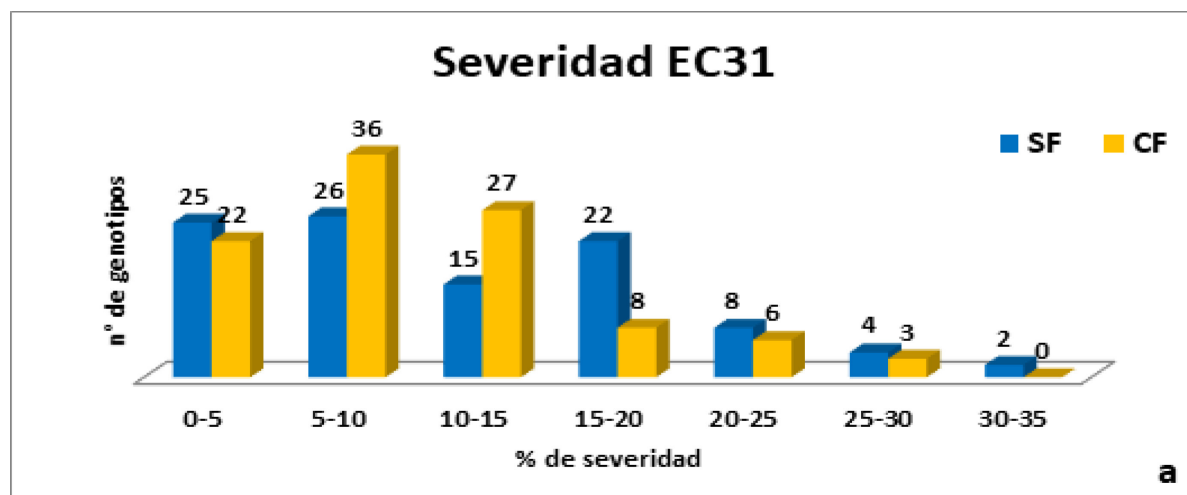
60	7,44	10,01	-35%	41	26,33	36%	95	90,77	4%	4751	2323	51%
61	20,26	24,42	-21%	29,71	18,5	38%	100	76,22	24%	2828	2056	27%
62	21,78	17,34	20%	44,37	17,9	60%	100	98	2%	3073	2044	33%
63	8,59	9,71	-13%	50,65	12,5	75%	89,61	86,3	4%	3343	1795	46%
64	14,53	7,86	46%	39,92	30,48	24%	88,55	72,94	18%	2613	2008	23%
65	11,78	24,98	-112%	31	15,45	50%	89,61	86,55	3%	2670	2349	12%
66	12,34	6,23	50%	43,36	34,48	20%	89,61	84,94	5%	3188	2591	19%
67	2,48	2,20	11%	62,65	21,66	65%	83,5	58,32	30%	3841	1550	60%
68	2,06	6,23	-202%	13,18	18,74	-42%	84,5	56,5	33%	1604	1315	18%
69	8,03	4,42	45%	66,5	36,79	45%	96	62,44	35%	3943	1939	51%
70	8,32	5,26	37%	42,11	22,67	46%	89,61	81,55	9%	2964	2115	29%
71	8,46	22,48	-166%	28	21	25%	97	94,11	3%	2330	2137	8%
72	9,14	6,37	30%	21,89	19,34	12%	88,3	81,44	8%	2353	2015	14%
73	3,04	7,48	-146%	47,5	25,48	46%	84,5	77,75	8%	2854	1855	35%
74	4,98	5,53	-11%	45,65	18,74	59%	100	98,5	2%	3034	1888	38%
75	0,18	0,64	-256%	31,39	27,5	12%	91	79,92	12%	2432	2086	14%
76	4,84	3,87	20%	14,85	10,79	27%	97,5	77,67	20%	1746	1294	26%
77	18,87	1,23	93%	37,5	15,5	59%	95,15	85,5	10%	2792	1412	49%
88	3,42	1,61	53%	38,5	24	38%	84,5	83,94	1%	4206	1950	54%
89	17,24	12,24	29%	20,77	20	4%	98	93,5	5%	2499	2088	16%
90	16,40	12,24	25%	15,77	15,77	0%	76,81	80,98	-5%	1952	1950	0%
92	11,64	8,45	27%	12,63	11,73	7%	83	72,22	13%	1768	1267	28%
93	18,63	9,74	48%	35,2	12,63	64%	95,5	85,94	10%	2902	1595	45%
94	19,14	13,17	31%	51,67	34,02	34%	98,5	95,67	3%	3372	2477	27%
95	15,15	26,19	-73%	49,2	39,16	20%	90,5	76,5	15%	3482	2645	24%
96	16,82	11,40	32%	56,95	16,05	72%	97	93,5	4%	4409	2015	54%
97	23,63	11,40	52%	53,4	27,5	49%	100	100	0%	5338	2382	55%
98	3,06	2,89	6%	53,31	22,48	58%	100	94,67	5%	3279	2223	32%
99	16,26	7,65	53%	55	17,22	69%	95,65	75	22%	4190	1679	60%
100	21,37	12,21	43%	51,15	22,5	56%	100	97,22	3%	4842	2255	53%
102	3,59	5,12	-43%	20,49	16,94	17%	95,55	76,32	20%	2266	1668	26%
103	12,93	9,32	28%	46,65	18,25	61%	84,3	66,5	21%	3442	1470	57%
104	2,62	6,09	-132%	55	34,49	37%	92,65	88,5	4%	3629	2421	33%
105	1,85	0,85	54%	52,55	34,88	34%	91,15	70,5	23%	3583	2009	44%

106	25,85	10,29	60%	36,83	16	57%	97	65,5	32%	3273	1428	56%
107	18,63	16,82	10%	25,5	19,63	23%	91,8	79,93	13%	2715	2045	25%
108	9,57	8,04	16%	54,45	42,11	23%	89,8	65,5	27%	3377	2171	36%
109	15,85	8,90	44%	37,11	34,05	8%	91,5	65,99	28%	3063	2112	31%
110	16,68	14,74	12%	34,5	24,55	29%	91,77	88,38	4%	2955	2217	25%
111	9,14	3,59	61%	27,44	23,82	13%	94,59	59,31	37%	2465	1715	30%
112	4,28	3,45	19%	39,7	26,44	33%	85,8	76,45	11%	2927	1801	38%
113	3,45	5,95	-72%	13,31	17,44	-31%	97	82,99	14%	2064	1885	9%
114	4,42	2,89	35%	36,25	24	34%	89	85,6	4%	2752	1949	29%
115	7,76	10,95	-41%	17,8	10,13	43%	95,5	91,22	4%	2012	1555	23%
116	3,07	2,65	14%	20,15	17,72	12%	83,65	77,5	7%	2059	1693	18%
117	18,45	17,16	7%	43	19,51	55%	89,61	89,61	0%	3055	1483	51%
Media tratamiento s	11,83 a	9,65 a	18%	39,66 a	23,43 b	41%	91,39 a	81,84 b	10%	3075 a	1989 b	35%
LSD trat.	3,283 nsig			6,282**			1,996*			146**		
LSD cv×trat	6,37***			7,334***			6,099***			384***		

La tabla corresponde a 102 genotipos que se han denominado con la nomenclatura original.

LSD de factores significativos ($p < 0,05$)*; ($p < 0,01$)** ($p < 0,001$)*** y no significativos ($p > 0,05$).

Los siguientes histogramas del Figura 3 comparan el tratamiento SF (barras azules) con el CF (barras amarillas) agrupando a los genotipos en intervalos de valores de severidad y ABCPE. Como se puede observar, la tendencia en los histogramas de severidad en EC60, EC80 y ABCPE indican que los genotipos del tratamiento SF se desplazan más hacia la derecha demostrando también, además de en los promedios, mayor severidad que los del tratamiento CF.



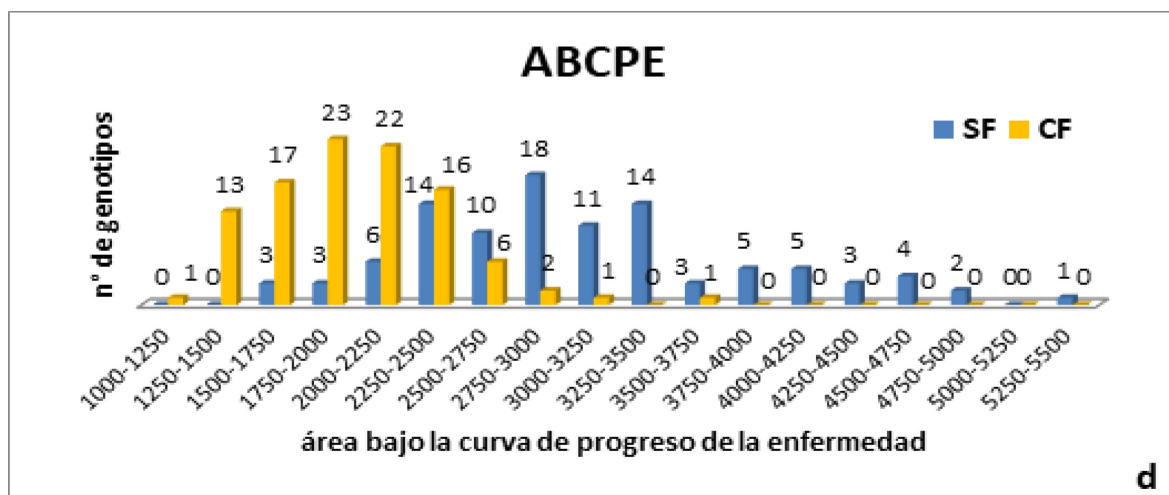


Figura 3. los Histogramas comparan los tratamientos SF con los CF para severidad en a) EC31, b) EC60; c) EC80 y d) área bajo la curva de progreso de la enfermedad.

En la figura 4, pueden observarse los porcentajes de severidad promedio para los dos tratamientos fungicidas evaluados y cómo fue su progreso en los distintos estadios evaluados a lo largo del ciclo del cultivo

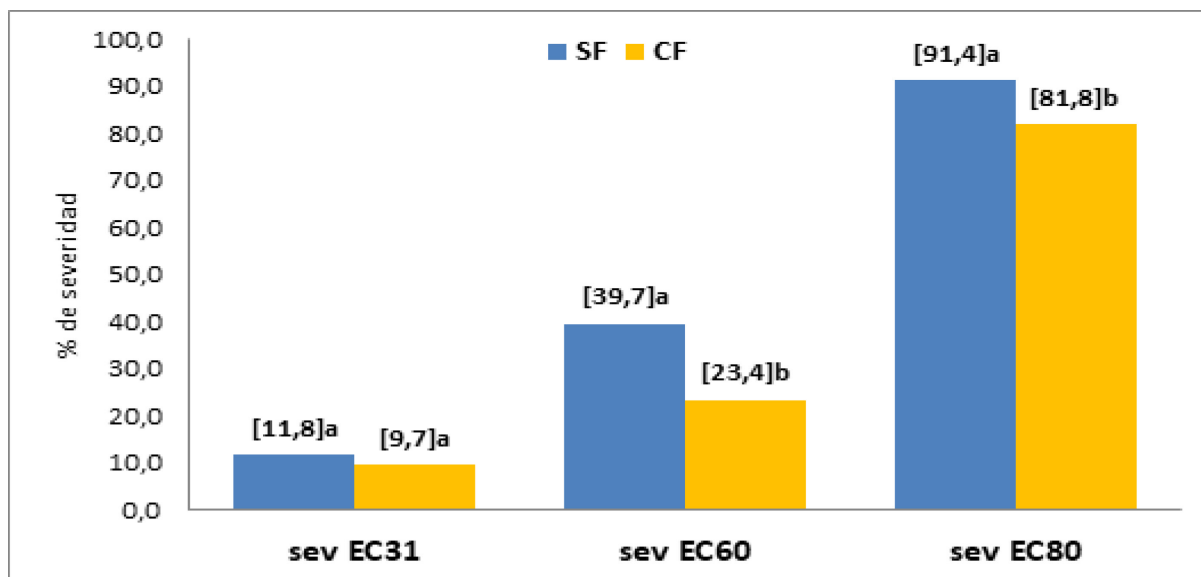


Figura 4. Comparación entre los porcentajes de severidad promedio de los distintos estadios evaluados para los tratamientos SF y CF.

Para el coeficiente de fertilidad de espiga (CFE), como se puede observar en la Tabla 3, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos de fungicidas (Coef. De Probabilidad de $P=0,417$). Sin embargo, hubo diferencias entre genotipos (coef. De Probabilidad de $P<0,001$) e interacción tratamiento de fungicida \times genotipo (coef de Probabilidad de $P=0,001$).

Tabla 3. Análisis de la varianza para Coeficiente de Fertilidad de la Espiga de una colección internacional de 102 genotipos de trigo y su interacción con los tratamientos (con y sin fungicida).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de referencia	Coef de Probabilidad P
Tratamiento de fungicida	1	869,2	869,2	1,70	0,417
Error A	1	512,2	512,2	3,83	
Genotipo	101	60688,9	600,9	4,49	<0,001
Tratamiento de fungicida x genotipo	101	22243,1	220,2	1,65	0,001
Error B	202	27003,9	133,7		
Total	407	111458,1			

La media del CFE para los genotipos sin tratamiento de fungicida fue de 56,87 y para los tratados con fungicida de 53,95, siendo esta diferencia no significativa (Tabla 3).

En cuanto a la interacción entre los tratamientos con e fungicida y genotipo, se encontró una diferencia estadísticamente significativa. Para el caso de un plan de mejoramiento, se pueden seleccionar los genotipos que presentan mayor CFE, para este caso son genotipos 41 y 4 como se observa en la Tabla 4, en la cual se muestran los genotipos con mayor media (promedio de la media sin tratamiento y con tratamiento).

Tabla 4. Comparación de medias de Coeficiente de Fertilidad de Espiga (CFE) de los genotipos con mayor (CFE) en una colección internacional de 102 genotipos de trigo con y sin tratamiento de fungicida.

Genotipo (Cv)	Media
41	94,13
4	79,05
10	76,91
27	75,86
19	74,85
34	74,5
70	73,15
LSD= 16,121	

Para el caso de la interacción significativa tratamientos de fungicida \times genotipo, podemos observar que los genotipos en ambos tratamientos (con y sin fungicida) se comportaron de manera diferente. Si bien un porcentaje de los genotipos disminuyeron el CFE en los tratamientos enfermos, otros los mantuvieron e incluso hubo algunos que presentaron ligeros incrementos (Tabla 5).

Además, se observa que algunos genotipos no disminuyeron el CFE en los tratamientos sin aplicación de fungicida. Se identificaron algunos genotipos (color rojo de Tabla 5) en los cuales se produjo un aumento de CFE en los tratamientos con fungicida, siendo la Mínima Diferencia Significativa (LSD) 23,14.

Tabla 5. Medias de CFE para tratamientos con y sin fungicida en una colección internacional de 102 genotipos de trigo.

fungicida	genotipo	1	2	3	4	5	6
S		74.56	70.05	71.42	82.94	56.00	66.42
C		65.21	64.06	58.62	75.16	56.00	49.39
fungicida	genotipo	7	8	9	10	11	12
S		53.02	60.85	49.37	76.69	50.73	72.61
C		68.36	42.86	58.46	77.13	49.50	59.29
fungicida	genotipo	13	14	15	16	17	18
S		64.92	70.02	66.72	58.22	69.50	65.72
C		60.31	55.92	54.48	48.27	53.06	58.92
fungicida	genotipo	19	20	21	22	23	24
S		84.50	62.50	14.82	41.31	38.36	32.41
C		65.20	76.85	55.74	40.75	35.93	53.94
fungicida	genotipo	25	26	27	28	29	30
S		52.68	59.15	103.25	52.28	56.06	64.37
C		48.01	51.05	48.47	46.24	44.56	73.73
fungicida	genotipo	31	32	33	34	35	36
S		54.72	66.30	66.32	74.66	36.94	41.83
C		62.68	48.95	55.76	74.34	37.92	64.16
fungicida	genotipo	37	38	39	40	41	42
S		28.28	58.10	52.41	59.20	122.38	67.59
C		72.73	60.19	53.91	75.98	65.89	65.78
fungicida	genotipo	43	44	47	48	49	50
S		44.13	37.49	57.71	63.78	41.19	53.38
C		45.07	45.42	78.25	52.49	37.24	38.08
fungicida	genotipo	51	52	53	54	55	56
S		58.68	76.64	52.80	65.95	44.92	63.17
C		50.64	38.02	47.55	67.11	45.69	58.21
fungicida	genotipo	58	59	60	61	62	63
S		52.62	39.84	48.31	47.78	58.79	80.52
C		58.02	78.63	57.07	49.53	54.49	54.43
fungicida	genotipo	64	65	66	67	68	69
S		82.93	73.37	68.67	57.03	53.04	64.81
C		84.33	67.86	58.40	45.75	46.97	59.82
fungicida	genotipo	70	71	72	73	74	75
S		76.75	51.32	53.12	57.68	59.33	54.36
C		69.56	56.25	61.08	50.74	47.92	56.25
fungicida	genotipo	76	77	88	89	90	92
S		65.64	62.04	69.05	53.87	42.52	63.54
C		63.87	57.08	70.00	39.00	45.19	73.56
fungicida	genotipo	93	94	95	96	97	98
S		44.90	65.43	58.28	49.54	56.65	45.30
C		42.82	50.66	52.59	31.20	41.94	40.94
fungicida	genotipo	99	100	102	103	104	105
S		44.24	13.52	32.75	47.10	48.39	54.88
C		35.28	46.08	33.03	37.97	40.80	40.75
fungicida	genotipo	106	107	108	109	110	111
S		46.09	41.21	75.87	45.13	45.44	30.02
C		36.39	35.50	80.60	42.36	41.43	32.95
fungicida	genotipo	112	113	114	115	116	117
S		41.94	39.71	50.45	42.23	52.19	62.57
C		37.24	46.53	54.28	41.72	51.92	64.73

En cuanto al peso de mil granos (PMG) este tuvo una media de 35,34 g, siendo el genotipo 35 el que mayor media registra (60,67 g) y el genotipo 117 el que menor media registra (12,34 g), como se observa en la tabla 6. En los tratamientos, como se observa en la Tabla 7, aquellas parcelas que no fueron tratadas con fungicidas registraron una media de 31,74 g, siendo el genotipo 115 el que registró el valor más alto de 49,34 g y el más bajo para el genotipo 117 que fue de 11,83 g. En cuanto a las parcelas que fueron tratadas con fungicida, registraron una media de 38,95 g, el genotipo 35 registró el valor más alto de 60,67 g y el genotipo 117 fue de 12,85 g siendo este el valor más bajo para dicho tratamiento (Tabla 8).

Tabla 6. Comparación de medias (promedio de medias con y sin tratamiento) de peso de Mil Granos (PMG) en una colección internacional de 102 genotipos de trigo con y sin tratamiento de fungicida.

Genotipo	PMG	Genotipo	PMG
115	52,62	26	36,17
35	50,36	97	36,14
111	49,64	38	35,95
104	49,55	116	35,79
23	49,31	100	35,23
102	48,24	24	34,41
47	48,19	20	34,09
103	47,49	1	33,99
105	46,40	75	33,84
60	46,08	55	33,40
93	45,57	32	32,65
68	45,38	98	32,48
74	44,64	51	31,57
106	44,56	34	31,35
99	43,93	62	31,07
71	43,71	18	30,77
53	43,52	65	30,71
49	43,38	61	30,66
22	43,24	72	30,37
28	42,86	3	30,35
17	42,84	19	30,30
8	42,63	16	30,17
42	42,28	70	29,46
48	42,23	92	29,44
27	42,21	69	29,28
11	41,77	54	29,20
114	41,51	33	29,06
112	41,42	41	28,41
96	41,16	13	28,24
29	41,06	4	28,18
113	40,99	73	27,55
25	40,86	9	26,57
52	40,85	37	26,53
95	40,57	56	26,26
43	40,25	31	26,23
110	40,24	66	26,10
94	39,80	12	26,05
108	39,30	76	25,73
90	39,28	88	24,86
14	39,11	63	24,37
50	38,90	30	24,32
39	38,65	7	24,13
67	38,53	64	23,92
6	38,51	21	23,01
107	38,49	36	22,46
44	38,34	59	22,34
15	37,89	58	21,45
2	37,73	40	18,80
77	37,37	10	18,09
109	36,82	5	14,57
89	36,27	117	12,34

Tabla 7 Comparación de medias de peso de Mil Granos (PMG) en una colección internacional de 102 genotipos de trigo sin tratamiento de fungicida.

Tratamiento sin fungicida (SF)			
Genotipo	PMG	Genotipo	PMG
115	49.34	26	31.98
104	48.97	100	30.94
102	48.34	20	30.76
103	45.71	67	30.71
111	45.57	1	30.58
47	44.87	15	30.03
93	44.60	38	29.86
74	44.57	61	29.63
22	44.22	16	29.24
60	43.98	19	28.92
23	43.80	18	28.62
105	43.39	32	28.46
52	42.71	75	27.63
90	42.63	92	27.30
68	42.56	72	26.94
112	42.42	69	26.33
71	42.27	34	26.29
107	42.08	55	26.05
106	41.67	62	26.05
99	41.43	51	25.84
17	41.33	70	25.64
110	41.02	24	24.69
49	41.00	4	24.65
28	40.88	54	24.59
53	40.78	41	24.18
114	40.30	3	23.94
35	40.06	13	23.67
29	39.95	73	22.90
42	39.15	66	22.77
25	39.07	88	22.69
39	38.85	63	22.64
95	38.51	33	22.63
94	38.39	65	22.62
108	38.39	98	22.37
11	37.55	76	21.34
43	37.06	64	21.19
6	36.84	12	21.06
109	36.78	21	20.66
77	36.32	7	20.07
96	36.10	37	19.88
14	35.80	56	19.53
27	35.36	9	18.57
48	35.34	59	17.69
8	35.02	31	16.26
113	34.62	36	15.81
50	34.05	58	15.07
89	34.04	30	14.74
116	33.83	10	14.73
97	33.16	5	13.29
44	33.07	40	12.95
2	32.66	117	11.83

Tabla 8 Comparación de medias de peso de Mil Granos (PMG) en una colección internacional de 102 genotipos de trigo con tratamiento de fungicida.

Tratamiento con fungicida (CF)			
Genotipo	PMG	Genotipo	PMG
35	60.67	97	39.12
115	55.89	52	38.99
23	54.81	65	38.80
111	53.70	89	38.49
47	51.50	39	38.45
8	50.25	77	38.41
104	50.13	116	37.75
105	49.40	20	37.43
103	49.26	1	37.40
48	49.12	51	37.31
27	49.06	109	36.87
68	48.20	32	36.84
60	48.17	3	36.77
102	48.14	34	36.41
106	47.44	31	36.20
113	47.35	62	36.10
93	46.54	90	35.94
99	46.44	33	35.50
67	46.36	107	34.91
53	46.27	9	34.58
96	46.21	30	33.89
11	45.99	54	33.82
15	45.76	72	33.80
49	45.75	70	33.29
42	45.41	37	33.18
71	45.15	56	33.00
28	44.83	18	32.93
74	44.72	13	32.81
17	44.34	41	32.65
24	44.13	69	32.23
50	43.75	73	32.20
44	43.62	4	31.71
43	43.44	19	31.68
2	42.81	61	31.68
114	42.73	92	31.58
25	42.65	16	31.09
95	42.62	12	31.05
98	42.59	76	30.12
14	42.42	66	29.44
22	42.26	36	29.11
29	42.17	7	28.19
38	42.03	58	27.83
94	41.22	88	27.04
55	40.75	59	27.00
112	40.43	64	26.65
26	40.35	63	26.10
108	40.21	21	25.36
6	40.18	40	24.66
75	40.05	10	21.44
100	39.51	5	15.84
110	39.46	117	12.85

El CFE suele estar asociado negativamente a PMG. La regresión prueba esto, pero si bien fue negativa y significativa, no muestra una relación fuerte, siendo la ecuación $CFE = 46.83 - 0.2076 (PMG)$ ($R^2=0,12$), indicando que el PMG explica un 12% de la variación en CFE en la que algunos genotipos disminuyeron el PMG cuando aumenta el CFE y otros mantienen el PMG ante un aumento del CFE, que serían los apropiados en planes de mejoramiento.

Discusión

En este estudio, en EC 31 los niveles de severidad fueron reducidos, y no hubo interacción genotipo \times tratamiento de fungicida a partir de EC 60 se evidenciaron genotipos que disminuyeron más su severidad con la aplicación de fungicidas. Se podría inferir que los efectos negativos de las enfermedades tardías en el llenado de los granos pueden ser amortiguados por la removilización de reservas almacenadas temporalmente, en concordancia con lo dicho por Newton (2016) y que en algunos genotipos podría haber una asignación diferencial de esas reservas a diferentes partes de la espiga. Esta capacidad de minimizar la pérdida de rendimiento en presencia de enfermedades puede constituirse en un potencial atributo de tolerancia a ellas, que significa menores pérdidas de rendimiento frente a similares niveles de enfermedad.

El CFE ha sido propuesto como atributo para mejorar el número de granos y así el rendimiento potencial (Petrini *et al.*, 2016), pero aún no se tienen evidencias reales de su aplicación en forma exitosa (Alonso *et al.*, 2018). Como bien es sabido, poder identificar aquellos genotipos que pudieran tener un CFE alto como atributo, sería una cualidad que permitiría una selección de caracteres alternativos que determinen número de granos y rendimiento, según lo expresado por Slafer *et al.* (2014). A partir de los resultados obtenidos en este ensayo para CFE, observamos que algunos genotipos no disminuyeron su CFE en los tratamientos sin fungicida. Según Newton (2016), las enfermedades que se desarrollan previamente a la floración pueden restringir simultáneamente la fuente (área foliar sana y acumulación de hidratos de carbono solubles en el tallo) y la capacidad de generación de granos (número de granos y capacidad de almacenamiento de éstos). En caso de que el CFE no disminuya en el tratamiento sin fungicida o incluso tenga un ligero incremento respecto del tratado con fungicida, indica que posiblemente la planta enferma asigne en dichos genotipos mayores recursos al número de granos, que a las restantes estructuras de la espiga. Esta característica puede constituirse en un carácter que condicione la tolerancia de dicho genotipo a las enfermedades registradas en el ciclo y por lo tanto de utilidad en planes de mejoramiento.

Al considerar la utilidad del CFE como estrategia en programas de mejoramiento, hay que tener en cuenta posibles relaciones negativas con otros componentes del rendimiento, incluyendo el peso seco de las espigas en antesis y el peso de los granos. Según Petrini *et al* (2018) para que la selección por CFE resulte no sólo en mayor número de granos sino también en mayor rendimiento potencial, el peso de los granos no debería presentar una relación negativa funcional con el CFE (competitiva). En dicho caso, un mayor CFE resultaría en granos más pequeños en todas las posiciones de la espiguilla debido a un menor peso potencial de los mismos. Contrariamente, si la relación negativa fuera aparente (no competitiva), un mayor CFE sería consecuencia de una mayor cantidad de granos en las posiciones distales dentro de la espiguilla, los cuales tienen naturalmente menor peso. En dicho caso, la selección por alto CFE podría resultar en ganancias de rendimiento potencial. En esta dirección continua este trabajo, tratando de identificar qué tipo de relación existe, pero de cualquier manera ya se evidenció que la relación entre el CFE y el PMG no fue fuerte en este germoplasma.

Numerosas evidencias en la literatura han demostrado que las variaciones registradas en el rendimiento son mejor explicadas por cambios en el número de granos por unidad de superficie (NG), más que por cambios en el peso medio de granos (PG), debido no solo a efectos ambientales (Fischer, 1993; Magrin *et al.*, 1993; Frederick & Bauer, 1999) sino también a ganancias genéticas (Calderini *et al.*, 1999 y trabajos allí citados). Si bien existe variación genética en PG, este componente no ha contribuido notoriamente a incrementar el rendimiento potencial en trigo (Fischer, 2011). Igualmente, a pesar de que algunos trabajos han planteado que un aumento del NG es simplemente una consecuencia de un mayor rendimiento (Sinclair & Jamieson, 2006; 2008), numerosas evidencias sostienen que el NG es el atributo causal de los cambios en el rendimiento (Fischer, 2008), siendo por lo tanto un rasgo crítico a considerar para lograr incrementos del rendimiento potencial en trigo (Miralles & Slafer, 2007).

En los ensayos realizados hubo una relación levemente negativa y significativa entre el PMG y el CFE. Por lo tanto, habría que seleccionar aquellos que tengan un buen CFE y mantengan el PMG.

Conclusiones

Hipótesis 1

Existe variabilidad para el CFE en una colección de trigos en tratamientos con y sin fungicida

La hipótesis no se rechaza, ya que existió variabilidad entre genotipos, que resulta de utilidad en programas de selección

Hipótesis 2

Las enfermedades foliares afectan el Coeficiente de Fertilidad de Espiga (CFE)

La hipótesis se rechaza parcialmente. Si bien estadísticamente los valores medios indicaron que no hay incidencia de las enfermedades en esta variable, algunos genotipos presentaron reducciones cuando fueron afectados por enfermedades, en tanto que en otros este coeficiente se mantiene constituyéndose en un carácter que puede condicionar tolerancia a las enfermedades foliares

Hipótesis 3

Existen genotipos en que el CFE no está negativamente relacionado con el peso de granos

La hipótesis no se rechaza, ya que la correlación entre ambas variables fue ligeramente negativa y no significativa, por lo tanto, hubo genotipos en los cuales un aumento del CFE también produjo un aumento del PMG.

.

Bibliografía:

Abbate, P.E., Andrade, F.H., Lázaro, L., Bariffi, J.H., Berardocco, H.G., Inza, V.H. & Marturano, F. 1998. Grain yield increase in recent argentine wheat cultivars. *Crop Sci.* 38, 1203–1209.

Abbate, P., Pontaroli, A., Lázaro, L. & Gutheim, F. 2013. A method of screening for spike fertility in wheat. *J. Agric. Sci.* 151, 322— 330.

Acreche, M. M., Briceño-Félix, G., Sánchez, J. A. M. & Slafer, G. A. 2008. Physiological bases of genetic gains in Mediterranean bread wheat yield in Spain. *Eur. J. Agron.* 28, 162–170.

Albajes, R., Cantero-Martínez, C., Capell, T., Christou, P., Farre, A, Galceran, J., Lopez-Gatius, F., Marín, S., Martín-Belloso, O., Motilva, M. J., Nogareda, C., Peman, J., Puy, J., Recasens, J., Romagosa, I., Romero, M. P., Sanchis, V., Savin, R., Slafer, G. A., Soliva-Fortuny, R., Vinas, I. & Voltas, J. 2013. Building bridges: an integrated strategy for sustainable food production throughout the value chain. *Mol. Breed.* 32, 743-770.

Alonso, M. P., Mirabella, N. E., Panelo, J. S., Cendoya, M. G. & Pontaroli, A. C. 2018. Selection for high spike fertility index increases genetic progress in grain yield and stability in bread wheat. *Euphytica*, 214, 112.

Bolsa de Cereales 2020. <http://www.bolsadecereales.com/ver-cierre-de-campana-105>

Bustos, D. V., Hasan, A., Reynolds, M. P. & Calderini DF. 2013. Combining high grain number and weight through a DH population to improve grain yield potential of wheat in high-yielding environments. *Field Crop Res* 145, 106–115.

Calderini, D.F., Reynolds, M.P. & Slafer, G.A. 1999. Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the twentieth century. In: Satorre, E.H. & Slafer, G.A. (Eds.), *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Products Press, New York, USA, pp. 351–377

Calderini, D.F. & Reynolds, M.P. 2000. Changes in grain weight as a consequence of de-graining treatments at pre- and post-anthesis in synthetic hexaploid lines of wheat (*Triticum durum* × *T-tauschii*). Aust. J. Plant Physiol. 27, 183–191.

Calderini, D.F., Savin, R., Abeledo, L.G., Reynolds, M.P. & Slafer, G.A. 2001. The importance of the period immediately preceding anthesis for grain weight determination in wheat. Euphytica 119, 199–204.

Carrasco N., Baez A., Belmonte M.L. 2005 .Manual de campo trigo INTA RIAN. http://rian.inta.gov.ar/agronomia/Manual_Trigo.pdf

Carretero, 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. Field Crops Research. 116: 184-195.

Connor, D.J. & Minguez, M.I. 2012. Evolution not revolution of farming systems will best feed and green the world. Global Food Secur. 1, 106–113.

Divito, G. A. & García, F. (2017). Manual del cultivo de trigo, 1a ed. compendiada. - Acassuso: International Plant Nutrition Institute, pp. 7-26.

Dreccer, M.F., van Herwaarden, A.F. & Chapman, S.C. 2009. Grain number and grain weight in wheat lines contrasting for stem water soluble carbohydrate concentration. Field Crops Res. 112, 43–54.

Ferrante, A., Savin, R. & Slafer, G.A. 2012. Differences in yield physiology between modern well adapted durum wheat cultivars grown under contrasting conditions. Field Crops Res. 136, 52–64.

Ferrante, A., Savin, R. & Slafer, G. A. 2015. Relationship between fruiting efficiency and grain weight in durum wheat. Field Crops Research 177, 109-116.

Fischer, R.A., 1993. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. II. Physiology of grain yield response. Field Crops Res. 33, 57-80.

Fischer, R. A. 2008. The importance of grain or kernel number in wheat: a reply to Sinclair and Jamieson. *Field Crops Res.* 105, 15–21.

Fischer, R.A., Byerlee, D. & Edmeades, G.O. 2009. Can technology deliver on the yield challenge to 2050? *Proceedings of the Expert Meeting on How to Feed the World in 2050*, FAO, Rome, June 24-26, 2009.

Fischer, R.A., 2011. Wheat physiology: a review of recent developments. *Crop and Pasture Science* 62, 95-114.

Fischer, T., Byerlee D. & Edmeades, G. 2014. Crop yields and global food security: will yield increase continue to feed the world? *Australian Centre for International Agricultural Research*, Canberra, pp. 634.

Foulkes, M.J., Slafer, G.A., Davies, W.J., Berry, P.M., Sylvester-Bradley, R., Martre, P., Calderini, D.F., Griffiths, S. & Reynolds, M.P. 2011. Raising yield potential of wheat: III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *J. Exp. Bot.* 62, 469–486.

Frederick, J.R., Bauer, P.J., 1999. Physiological and numerical components of wheat yield. En: Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.), *Wheat: Ecology and physiology of yield determination*. Food Products Press, New York, USA, pp. 45-65.

García, G. A., Serrago, R. A., González, F. G., Slafer, G. A., Reynolds, M. P. & Miralles, D. J. 2014. Wheat grain number: Identification of favourable physiological traits in an elite doubled haploid population. *Field Crops Research*, 168.

González, F. G., Terrile, I & Falcón, M. O. 2011. Spike fertility and duration of stem elongation as promising traits to improve potential grain number (and yield): Variation in modern Argentinean wheats. *Crop Science* vol. 51.

Hasan, A.K., Herrera, J., Lizana, C. & Calderini, D.F. 2011. Carpel weight: grain length and stabilized grain water content are physiological drivers of grain weight determination of wheat. *Field Crops Res.* 123, 241–247.

<http://www.argentrigo.org.ar/2014/semanadetrigo/Argentinahacia2020.pdf>

<http://www.datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>

Magrin, G.O., Hall, A.J., Baldy, C., Grondona, M.O., 1993. Spatial and interannual variations in the photothermal quotient: implications for the potential kernel number of wheat crops in Argentina. *Agric. For. Meteorol.* 67, 29-41.

Martino, D. L., Abbate, P. E., Cendoya, M. G., Gutheim, F., Mirabella, N. & Pontaroli, A. C. 2015. Wheat spike fertility: inheritance and relationship with spike yield components in early generations. *Plant Breeding* 134 (3).

Miralles, D.J. & Slafer, G.A. 1995. Individual grain weight responses to genetic reduction in culm length in wheat as affected by source-sink manipulations. *Field Crops Res.* 43, 55–66.

Miralles, D.J. & Slafer, G.A. 2007. Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? *J. Agric. Sci.* 145, 139 – 149.

Newton A. C. 2016. Exploitation of diversity within crops-the key to disease tolerance? *Front. Plant Sci.* 7, 665

Petrini, N., Terrile, I., Donaire, G. & Gonzalez, F. 2016. Peso de grano por posicion en espigas de trigo con diferente coeficiente de fertilidad. III Workshop de Ecofisiología Vegetal. P 57

Petrini, N., Terrile, I.I., Donaire, G., González, F., agosto 2018. Relacion entre el Coeficiente de fertilidad de espiga de trigo y el peso de los granos. *RTA. Vol. 10. N°37.*

Reynolds, M.P. & Borlaug, N.E. 2006. Impacts of breeding on international collaborative wheat improvement. *J. Agric. Sci.* 144, 3–17.

Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., Parry, M. & Slafer, G.A. 2012. Achieving yield gains in wheat. *Plant Cell Environ.* 35, 1799–1823.

Richards, R. A. 1992. The effect of dwarfing genes in spring wheat in dry environments. I. Agronomic characteristics. *Aust. J. Agric. Res.* 43, 517-527.

Shearman, V. J., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., & Foulkes, M. J. 2005 Crop physiology and metabolism. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Science*, 45, 175–185.

Siddique, K.H.M., Kirby, E.J.M. & Perry, M.W. 1989. Ear to stem ratio in old and modern wheats: relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crops Res.* 21, 59–78.

Sinclair, T.R., Jamieson, P.D., 2006. Grain number, wheat yield, and bottling beer: An analysis. *Field Crops Res.* 98, 60-67.

Sinclair, T.R., Jamieson, P.D., 2008. Yield and grain number of wheat: A correlation or causal relationship?: Authors' response to "The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson" by R.A. Fischer. *Field Crops Res.* 105, 22-26.

Slafer, G.A. & Andrade, F.H., 1993. Physiological attributes related to the generation of grain-yield in bread wheat cultivars released at different eras. *Field Crops Res.* 31, 351–367.

Slafer, G.A., Savin, R. & Sadras, V.O. 2014. Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crops Res.* 157, 71–83.

Zadoks, J.C., Chang, T.T.& Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14, 415-421.